

# La croissance bactérienne

# 1- Définition de la Croissance

- Généralement c'est l'accroissement de tous les composants d'un organisme
- Chez les organismes pluricellulaires, il y a augmentation de taille.
- Chez les bactéries augmentation du nombre de cellules.
- Cet accroissement est donc synonyme d'une multiplication bactérienne
- Chez *Escherichia coli*, toutes les 20 minutes environ 1 cellule bactérienne donne naissance à 2 bactéries identiques

## *2-Méthodes de mesure de la croissance*

### **Principe**

Poursuivre le nombre de cellules dans un milieu liquide grâce aux méthodes spectrales : **Mesure de la turbidité**

### **2-1 -Mesure du nombre de cellules**

#### **Nombre de cellules totales**

→ Cellule de Thomas

→ Dispositif électronique (Compteur Coulter)

#### **Nombre de cellules viable**

→ Sur milieu liquide

→ Sur milieu solide

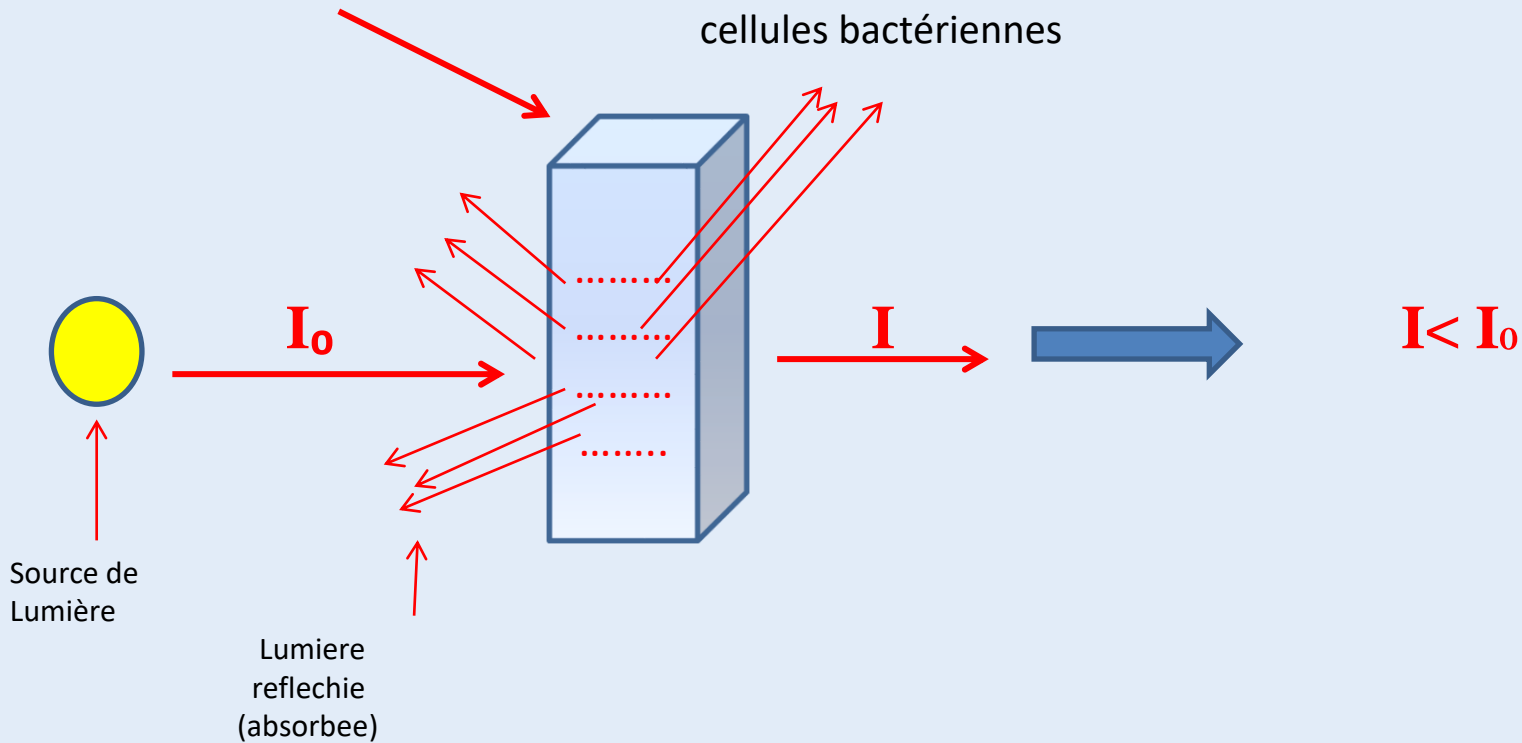
## 2-2. Mesure de la masse

- ➔ Mesure du poids sec: (Poids . frais d'1 bact.=  $1,5 \cdot 10^{-12}$ g)
- ➔ Dosage de l'azote total (14% du poids sec).
- ➔ La turbidimétrie: consiste a mesurer le trouble bacterien

### La turbidimétrie

- Une suspension cellulaire, traversée par un rayon lumineux, disperse la lumière (absorbe) et la quantité transmise est réduite par rapport a la quantité émise.  
Ceci est mesure a l'aide d'un **spectrophotomètre**.

Cuve du spectrophotomètre



**Méthode d'étude de la densité optique d'une suspension bactérienne** (longueur d'onde entre 550 et 660 nm )

## 2-3- Calcul de la concentration d'une suspension bactérienne :

Toute suspension bactérienne obéit à la

### **Loi de Beer Lambert :**

$$D.O = \log I_0 / I = \Sigma L C = K C$$

$\Sigma$  = Ensemble d'absorbance

L = distance traversée par le rayon (1 cm)

$\Sigma$  et l sont constantes, donc DO proportionnelle à C

La longueur d'onde utilisée pour la suspension bactérienne est comprise entre 550 et 660 nm

### *3-Constantes et expression de la croissance*

La croissance d'une bactérie est définie par 2 constantes:

➔ **Le temps de génération :**

C'est le temps qui sépare 2 divisions successives  
(= temps nécessaire au doublement de)

$$G = t/n$$

t = de croissance (connu) et n = nombre de divisions

➔ **Le taux de croissance :**

C'est le nombre de divisions par unité de temps.

$$\mu = n/t \quad \text{donc} \quad \mu = 1/G$$

$\mu$  est exprimé en nombre de divisions/unité de temps

## 4-Expression mathématique de la croissance:

A partir d'un nombre  $N_0$  dans le temps  $t_0$  on calcule le nombre des bactéries dans un temps  $n$ .

Temps	Nombre de bactéries	
• $t_0$	$N_0 = 1N_0$	$2^0 N_0$
• $T_1$	$N_1 = 2N_0$	$2^1 N_0$
• $T_2$	$N_2 = 2 \times 2N_0$	$2^2 N_0$
• $T_3$	$N_3 = 2 \times 2 \times 2N_0$	$2^3 N_0$
• $t_4$	$N_4 = 2 \times 2 \times 2 \times 2N_0$	$2^4 N_0$
• $t_n$	$N_n = \underbrace{2 \times 2 \ 2 \times 2 \times 2 \times \dots}_{n \text{ fois}} N_n$	$2^n N_0$

( $n$  = nombre divisions et  $N$  = nombre de bactéries à  $t_0$ )

$$N = 2^n N_0 \text{ (avec } \mu = n/t \text{ et } n = \mu t)$$

$$\text{Donc } N = 2^{\mu t} N_0$$



## *5-Représentation graphique de la Courbe de croissance*

La croissance bactérienne est représentée par un graphe:

$$N = f(t) \quad \text{ou} \quad DO = f(t)$$

*Représentation arithmétique*  $N = f(t)$

A  $t_0$  correspond  $N_0$  (ordre  $10^5$  à  $10^6$ )

A  $t_1$  correspond  $N_1 = 2N_0$  ( $2 \cdot 10^5$  à  $2 \cdot 10^6$ ) avec  $t_1 - t_0 = G$

A  $t_2$  correspond  $N_2 = 4N_0$  ( $4 \cdot 10^5$  à  $4 \cdot 10^6$ ) avec  $t_1 - t_0 = G$

Courbe

Nombre élèves posent un problème pour une échelle arithmétique

## 5-1 Expression logarithmique

$$N = 2^n N_0 \text{ (avec } \mu = n/t \text{ et } n = \mu t)$$

$$\text{Donc } N = 2^{\mu t} N_0$$

$$\log N = \log 2^n N_0 \quad \longrightarrow \quad (n = \mu t) \quad \longrightarrow \quad \log N = \log 2^{\mu t} N_0 \quad \longrightarrow$$

$$\log N = \log 2^{\mu t} + \log N_0 \quad \longrightarrow$$

$$\log N = \mu t \log 2 + \log N_0$$

$$y = ax + b$$

Equation d'une droite

constante

$$\text{Pente de la droite } P = a = \mu \log 2 \quad \longrightarrow \quad \mu = P / \log 2$$

$$\mu = \frac{\log N - \log N_0}{t \log 2}$$

$N$  : Nombre des cellules bacterienne dans le temps  $t$

$N_0$  : Nombre des cellules bacterienne dans le temps  $t_0$

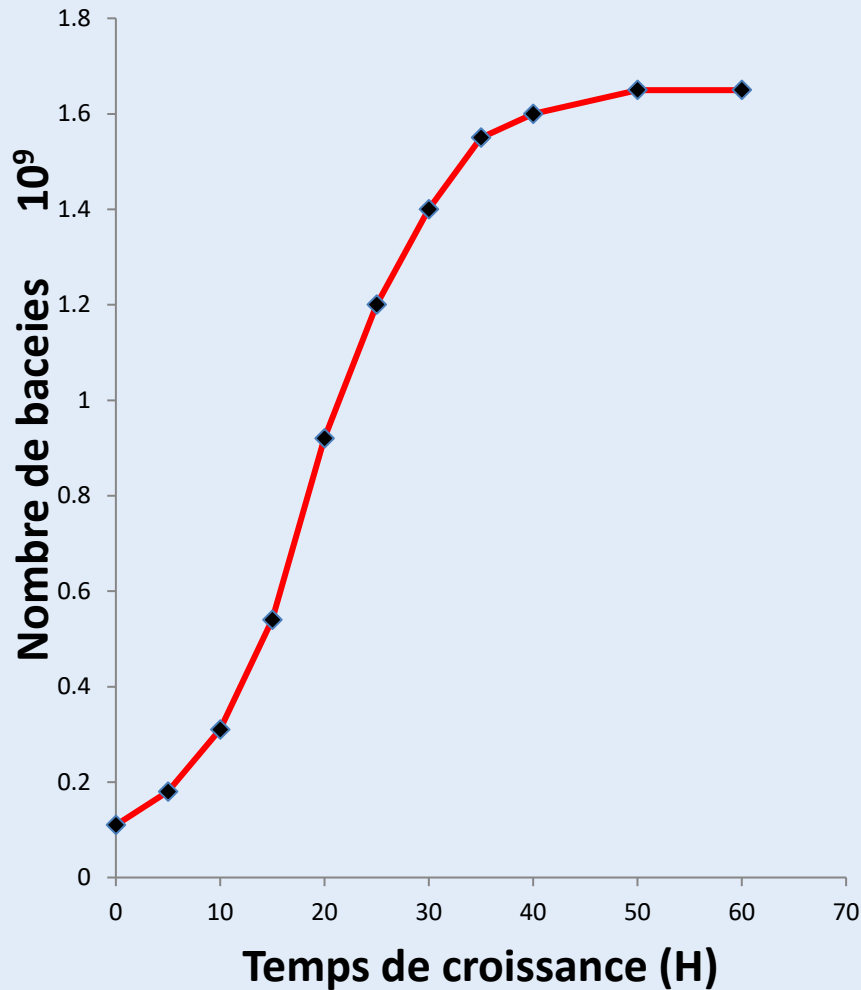
## *Exemple de calcul mathématique d'une croissance bactérienne:*

Pour déterminer les constantes de croissance, **Vitesse de croissance  $\mu$**  et **temps de génération  $G$**  on réalise l'expérience suivante:

Dans un milieu nutritive liquide on mis une quantité de bactéries  $N_0$  dans un temps  $t_0$ , dans des conditions favorables on calcule le nombre de cellules dans un intervalle de temps précis et constant ( mesure de la densité optique à 550 à 660 nm ):

**$N$  en fonction de temps  $t$**  ; on obtiendra les résultats suivants:

## 5-1- Courbe de croissance d'une bacterie



Temps en heures (H)	Nombre de bactéries/ml
0	0,11 $10^9$
5	0,18 $10^9$
10	0,31 $10^9$
15	0,54 $10^9$
20	0,92 $10^9$
25	1,2 $10^9$
30	1,4 $10^9$
35	1,55 $10^9$
40	1,6 $10^9$
50	1,65 $10^9$
60	1,65 $10^9$

### 5-1-1- Détermination théorique des paramètres

*On calcule la vitesse de croissance*

**Pour G, prendre  $N_2 = 2 N_1$   
on a alors  $G = t_2 - t_1$**

*Pour calculer  $\mu$  on a*

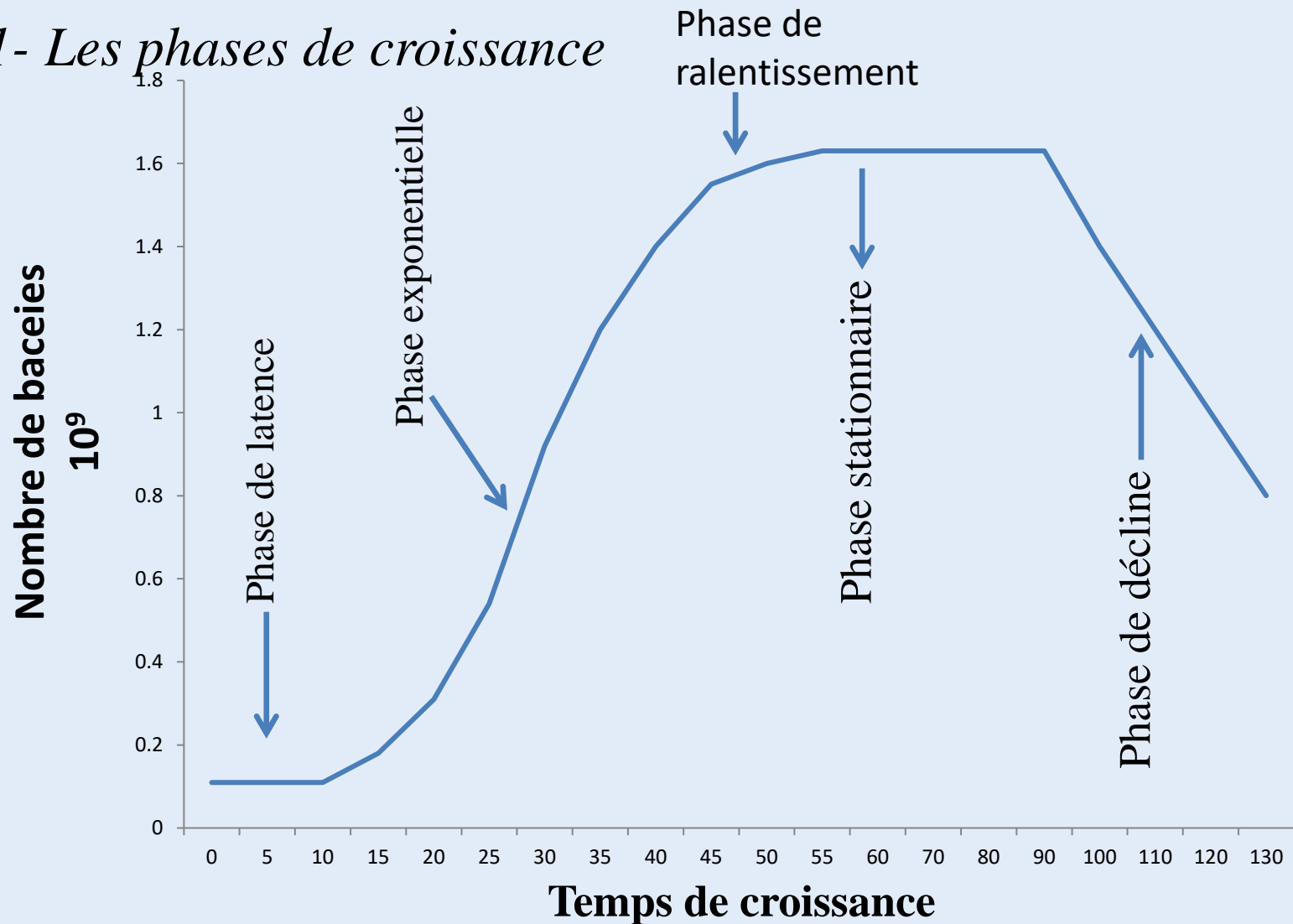
$$\mu = \log N_2 - \log N_1 / (t_2 - t_1) \log 2$$

**ou**

$$\mu = 1/G$$

*NB: Eviter de prendre en considération le  $N_0$*

## 5-1-1- Les phases de croissance



# Explication des phases de la courbe de croissance **5phases:**

## *La phase de latence*

Pas de croissance,  $N_0 = \text{Constant}$  et donc :  $\mu = 0$

Causes:

- L'age des bacteries
- La composition du milieu de culture

## *La phase exponentielle*

C'est la phase physiologique ideale pour la croissance

Le temps de génération   $G$  est minimal

Le taux de croissance   $\mu > \text{max et constant}$

Sur papier semi logarithmique: **la phase exponentielle = une droite**  
(relation proportionnelle entre **le log N** et **le temps**).

La phase exponentielle dure généralement quelques heures.

## *La phase de ralentissement*

Taux de croissance  $\mu$  diminue

L'augmentation de  $N$  dans le temps est plus faible que durant la phase exponentielle

Le milieu devient moins favorable à la croissance.

## *La phase stationnaire*

Il n'y a plus de croissance  $\mu = 0$

Nombre de cellules viables est constant

Equilibre entre cellules qui meurent et celles qui apparaissent  
**ou** même nombre de cellules sans division ni disparition.

Causes:

l'épuisement du milieu de culture.

l'accumulation de métabolites toxiques,

l'évolution défavorable des conditions physico-chimiques

## *La phase de déclin*

Le taux de croissance est négatif  $\mu < 0$

Les bactéries ne se divisent plus beaucoup meurent et certaines sont lysées

Cette phase est visible ou pas selon la méthode d'étude:

nombre de bactéries viables (toujours) /turbidimétrie (si lyse)